

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-326732

(43) 公開日 平成10年(1998)12月8日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 21/027

識別記号

F I

H 0 1 L 21/30

5 2 6 B

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-149871

(22) 出願日 平成9年(1997)5月26日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 小暮 清

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

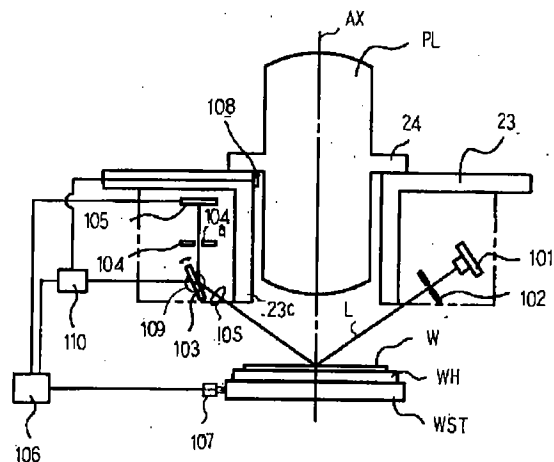
(74) 代理人 弁理士 井上 義雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 焦点位置検出装置、露光装置及び露光方法

(57) 【要約】

【課題】 低廉かつ簡素な構成でありながら、精度の高い焦点検出を達成することのできる焦点位置検出装置及び焦点位置検出方法、並びに露光装置及び露光方法を提供する。

【解決手段】 温度センサ108の測定結果に基づいて、開口部104aと検出光I Lの像との位置関係を補正するステップモータ109、111によって補正され、受光素子105が受光した位置関係に応じた信号に基づいて、基板Wの上面の、主対物レンズPLの光軸AXに対する位置を検出するので、主対物レンズPLによりレンズホルダ23が加熱されて熱膨張を生じても、かかる熱膨張に基づく検出光I Lの光路シフトが補正され、それにより精度の高い焦点位置検出が可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 主対物レンズの光軸に対して斜め方向から被検査面上で所定形状を持つパターン光を投射する投射光学系と、  
前記被検査面で反射された前記パターン光の像を結像する結像光学系と、  
前記被検査面と光学的にほぼ共役な位置に設けられ、所定形状の開口部を有する受光側遮光部と、  
前記受光側遮光部を通過した前記パターン光を受光し、前記開口部と前記パターン光の像との位置関係に応じた信号を受光する受光部と、  
少なくとも、前記投射光学系と、前記結像光学系と、前記受光側遮光部と、前記受光部との何れか一つを前記主対物レンズの側面に保持する保持部材と、  
前記保持部材の温度を測定する温度センサと、  
前記温度センサの測定結果に基づいて、前記開口部と前記パターン光の像との位置関係を補正する補正部とを有し、  
前記補正部によって補正され前記受光部が受光した前記位置関係に応じた信号に基づいて、前記被検査面の、前記主対物レンズの光軸に対する位置を検出することを特徴とする焦点位置検出装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の焦点位置検出装置は、更に、前記被検査面を前記主対物レンズの光軸方向に駆動する駆動部を有し、  
前記補正部は、前記温度センサの測定結果に基づいて前記駆動部を制御することを特徴とする焦点位置検出装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の焦点位置検出装置は、更に、前記結像光学系により結像されるパターン光の像と前記開口部とを相対的に移動させる移動部を有し、  
前記補正部は、前記温度センサの測定結果に基づいて前記移動部を制御することを特徴とする焦点位置検出装置。

【請求項 4】 前記温度センサは、前記保持部材において前記主対物レンズからの熱伝導量が多い場所に少なくとも一つ以上設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の焦点位置検出装置。

【請求項 5】 マスクに形成されたパターンを基板上に結像させる主対物レンズと、  
前記主対物レンズの光軸に対して斜め方向から前記基板の被検査面上で所定形状を持つパターン光を投射する投射光学系と、  
前記被検査面で反射された前記パターン光の像を結像する結像光学系と、  
前記被検査面と光学的にほぼ共役な位置に設けられ、所定形状の開口部を有する受光側遮光部と、  
前記受光側遮光部を通過した前記パターン光を受光し、前記開口部と前記パターン光の像との位置関係に応じた信号を受光する受光部と、

少なくとも、前記投射光学系と、前記結像光学系と、前記受光側遮光部と、前記受光部との何れか一つを前記主対物レンズの側面に保持する保持部材と、  
前記保持部材の温度を測定する温度センサと、  
前記温度センサの測定結果に基づいて、前記開口部と前記パターン光の像との位置関係を補正する補正部とを有し、  
前記補正部によって補正され前記受光部が受光した前記位置関係に応じた信号に基づいて、前記被検査面の高さ位置を検出することを特徴とする露光装置。

【請求項 6】 マスクに形成されたパターンを基板に投影する投影光学系と、  
前記基板上の少なくとも一つの計測点に対して光を投射し、その投射された光における前記基板からの反射光を受光することにより、前記投影光学系の光軸方向に関する前記基板の位置を検出する検出装置と、  
前記検出装置の少なくとも一つの光学素子を前記投影光学系の鏡筒と一体に保持する保持部材と、  
前記保持部材の温度を測定する温度センサと、  
前記検出装置と前記温度センサの各出力に基づいて、前記基板と前記投影光学系の像面とを相対移動する移動装置を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 7】 請求項 6 記載の露光装置は、さらに、前記温度センサの出力に応じて、前記検出装置によって検出される前記基板の位置を補正する装置を有し、  
前記移動装置は、前記補正に応じて前記基板と前記投影光学系の像面とを相対移動することを特徴とする露光装置。

【請求項 8】 投影光学系によって投影されるパターンの像で基板を露光する露光方法において、  
前記投影光学系の鏡筒に設けられた少なくとも一つの光学部材を有する検出装置によって、前記基板上に光ビームを投射するとともに、前記基板からの反射光を受光し、前記基板の前記投影光学系の光軸方向の位置を検出する工程と、  
前記投影光学系と前記少なくとも一つの光学部材との相対的な位置変化による前記検出装置の受光面上での前記反射光のシフトによって生じる前記検出装置の検出誤差と、前記検出された位置とに基づいて、前記基板と前記投影光学系の像面とを相対移動する工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、焦点位置検出装置及び焦点検出方法に関し、特に、半導体または、液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用される露光装置において用いられる焦点位置検出装置及び焦点位置検出方法に関し、更にかかる焦点位置検出を行う露光装置及び露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程（マスクパターンのレジスト像を基板上に形成する工程）では、マスクとしてのレチクルのパターンを投影光学系を介して、フォトリソが塗布された基板（又はウエハ等）上に露光する投影露光装置（ステッパー等）が使用されている。

【0003】一般的な投影露光装置において、レチクルに描画されたパターンは、投影光学系により $1/5 \sim 1/4$ に縮小されて、基板上に露光転写される。その際、レチクル及び基板を載せたステージは、光軸に垂直な方向にはレーザ干渉計により精密に位置決めされ、また光軸の方向にもAFセンサを用いて高さ決めされる。

【0004】また、基板の表面における、光軸に対する垂直な面からのズレ量をレベルセンサにより検出し、基板の傾きを修正する。更に、基板とレチクルの相対位置も、アライメントセンサにより精密に位置決めされる。

【0005】投影露光装置においてこのように各種センサを用いて、レチクルと基板の位置や姿勢を正確に測定するのは、基板に露光転写すべきレチクルの描画パターンが、極めて微細だからである。即ち、近年においてはULSIの集積度が更に高まり、例えば0.35ミクロン以下の線幅を有するパターンをウエハに形成することが要求されているのである。

【0006】従って、レチクルや基板の位置決めを極めて精密に行うべく、基板ステージやレチクルステージの位置決め精度の要求が非常に厳しいものとなっている。また、高解像度を求めるべく、投影光学系の開口数が増大し、焦点深度が浅くなり、AFやレベルングに対する精度の要求も更に過酷となっている。同様に、レチクルとウエハとの相対位置に関するアライメント誤差の許容範囲も極めて制限されている。

【0007】ここで、従来技術による焦点位置検出装置の一つである斜入射AFセンサを、図面を用いて説明する。図6は、従来技術による斜入射AFセンサの概略図である。図6において、投影レンズPLは、レンズホルダ23により支持されている。斜入射AFセンサは、投射光学系としての光源101及び送光スリット102と、結像光学系ILと、反射鏡103と、受光部としての受光スリット104及び受光素子105とから構成されている。なお、光源101と送光スリット102は、レンズホルダ23の右方部23aに配置され、結像光学系ILと反射鏡103と受光スリット104と受光素子105は、レンズホルダ23の左方部23b内に配置されている。

【0008】かかる斜入射AFセンサにおいて、光源101から基板Wに対して斜めに投射された検出光（光ビーム）ILは、送光スリット102を通過した後、基板W上で反射する。更にこの反射光は、結像光学系IOSを通過し、更に反射鏡103において反射し、受光スリット104を通過し、受光素子105に入射するようになっている。

受光スリット104は、結像光学系IOSに関して、基板Wの反射点と光学的にはほぼ共役な位置に配置されている。なお、基板W上では、光源101から投射された検出光により、送光スリット102を通過した矩形スリット状のパターン像が形成される。この検出光のパターンは、結像光学系IOSを通過した後、受光スリット104の開口部104aの矩形スリット形状と合致する形状を有する。

【0009】従来技術によるこの斜入射AFセンサの動作について説明する。まず、基板ステージWST上に置かれた基板ホルダWHに保持された基板W上の、投影光学系PLの光軸と一致する点Pに、投影光学系PLが合焦しているものとする。

【0010】このように基板Wの上面が合焦位置にある場合において、送光スリット102を通過した検出光が、点Pにおいて反射しかつ反射鏡103において反射した後、基板W上における矩形スリット状のパターン像が、受光スリット104の開口部104aに対して完全に重合するように、反射鏡103の反射角度が調整されている。従って、基板Wの上面が合焦位置にある場合、受光スリット104を通過し受光素子105により検出される検出光の光量は最大となる。

【0011】図7は、斜入射AFセンサの原理を示す図である。検出光ILが入射角度 $\theta$ で基板Wに入射しているとすると、基板Wが、点線で示す合焦位置から上方にずれ量 $\delta$ だけずれて実線で示す位置になったとすると、検出光ILの基板W上における反射位置が点Pから点P1にシフトすると共に、反射後における検出光IL1の光路もずれ量 $\delta$ に対応する量だけ上方にシフトする。

【0012】このように検出光ILの光路がシフトすると、反射鏡103にて反射された検出光IL1は、受光スリット104のスリットに対して、ずれ量 $\delta$ に対応する量だけずれ、それにより検出光IL1のパターンの一部または全部が遮光されるため、受光素子105の受光量が減少する。減少した受光量は、基板Wのずれ量 $\delta$ に比例するので、受光素子105の出力に基づき、CPU106において合焦位置からの基板Wのずれ量 $\delta$ を求めることができる。CPU106が、アクチュエータ107を駆動してウエハステージWSTをずれ量 $\delta$ だけ下方に移動させれば、基板Wの上面は合焦位置に一致する。なお、このような位置検出方法は、例えば特開昭62-299716号等において詳細に開示されている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】ところで、投影光学系PLは、ガラス等の透明な硝材からできてはいるが、完全に露光光を透過させることはできず、わずかに露光光を吸収する。吸収された露光光は熱に変換され、投影光学系PLからレンズホルダ23に伝達される。かかる熱により、レンズホルダ23は熱膨張する。

【0014】 レンズホルダ23が熱膨張すると、レンズホルダ23内に配置された斜入射AFセンサの各構成要素の位置関係に狂いが生じる。より具体的には、レンズホルダ23が熱膨張すると、その右方部23aと左方部23bとは、互いに離れる方向に変位する。

【0015】 従って、レンズホルダ23の熱膨張により、右方部23aに取り付けられた光源101及び送光スリット102が光軸から図中右方に離れるため、たとえば基板Wが合焦位置にあったとしても、光源101から投射される検出光は、基板W上で点Pより右方において反射する。

【0016】 加えて、レンズホルダ23の熱膨張により、左方部23bに取り付けられた結像光学系IOSと、反射鏡103と、受光スリット104と、受光素子105も光軸から図中左方に離れるため、基板W上で反射した検出光ILは、反射鏡103上で本来反射すべき位置より右方で反射し、更に受光スリット104で遮光されるので、受光素子105が受光する検出光ILの光量は更に減少し、それにより検出誤差を生じることとなる。

【0017】 かかる焦点位置の検出誤差は、通常の光学機器においては無視できる程度に小さいものであるが、上述したように、線幅の極めて小さいパターンを投影光学系を介して露光する露光装置においては、不良基板を製造する一つの要因となり得る。したがって、このような検出誤差を極力排除する必要がある。

【0018】 ここで、このような熱膨張の影響を回避する一つの技術として、投影光学系PLを例えば液冷することにより、レンズホルダ23への熱伝導を防止することも考えられる。しかしながら、投影光学系PLを液冷する装置は複雑であり、また高価であることから露光装置の製造コストを上昇させることになる。

【0019】 一方、このような熱膨張の影響を回避する別な技術としては、レンズホルダ23を熱膨張の低い材料（例えばインバー等）により形成することも考えられる。しかしながら、熱膨張の低い材料は単価が高く、よって露光装置の製造コストを上昇させることになる。

【0020】 そこで、本願発明は、低廉かつ簡素な構成でありながら、精度の高い焦点検出を達成することのできる焦点位置検出装置及び焦点位置検出方法、並びに露光装置及び露光方法を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】 上述の目的を達成すべく、本願発明の焦点位置検出装置は、主対物レンズ（PL）の光軸（AX）に対して斜め方向から被検査面（W）上で所定形状を持つパターン光（IL）を投射する投射光学系（101、102）と、被検査面（W）で反射されたパターン光（IL）の像を結像する結像光学系（IOS）と、被検査面（W）と光学的にほぼ共役な位置に設けられ、所定形状の開口部（104a）を有する

受光側遮光部（104）と、受光側遮光部（104）を通過したパターン光（IL）を受光し、開口部（104a）とパターン光（IL）の像との位置関係に応じた信号を受光する受光部（105）と、少なくとも、投射光学系（101、102）と、結像光学系（IOS）と、受光側遮光部（104）と、受光部（105）との何れか一つを主対物レンズ（PL）の側面に保持する保持部材（23）と、保持部材（23）の温度を測定する温度センサ（108）と、記温度センサ（108）の測定結果に基づいて、開口部（104a）とパターン光（IL）の像との位置関係を補正する補正部（106、110）とを有し、補正部（106、110）によって補正され受光部（105）が受光した位置関係に応じた信号に基づいて、被検査面（W）の、主対物レンズ（PL）の光軸（AX）に対する位置を検出することを特徴とする。

【0022】 本願発明の焦点位置検出装置によれば、温度センサ（108）の測定結果に基づいて、開口部（104a）とパターン光（IL）の像との位置関係を補正する補正部（106、110）によって補正され、受光部（105）が受光した位置関係に応じた信号に基づいて、被検査面（W）の、主対物レンズ（PL）の光軸（AX）に対する位置を検出するので、主対物レンズ（PL）により保持部材（23）が加熱されて熱膨張を生じても、かかる熱膨張に基づくパターン光（IL）の光路シフトが補正され、それにより精度の高い焦点位置検出が可能となる。

【0023】 本願発明の露光装置は、マスク（30）に形成されたパターンを基板（W）上に結像させる主対物レンズ（PL）と、主対物レンズ（PL）の光軸（AX）に対して斜め方向から基板（W）の被検査面上で所定形状を持つパターン光（IL）を投射する投射光学系（101、102）と、被検査面（W）で反射されたパターン光（IL）の像を結像する結像光学系（IOS）と、被検査面（W）と光学的にほぼ共役な位置に設けられ、所定形状の開口部（104a）を有する受光側遮光部（104）と、受光側遮光部（104）を通過したパターン光（IL）を受光し、開口部（104a）とパターン光（IL）の像との位置関係に応じた信号を受光する受光部（105）と、少なくとも、投射光学系（101、102）と、結像光学系（IOS）と、受光側遮光部（104）と、受光部（105）との何れか一つを主対物レンズ（PL）の側面に保持する保持部材（23）と、保持部材（23）の温度を測定する温度センサ（108）と、温度センサ（108）の測定結果に基づいて、開口部（104a）とパターン光（IL）の像との位置関係を補正する補正部（106、110）とを有し、補正部（106、110）によって補正され受光部（105）が受光した位置関係に応じた信号に基づいて、被検査面（W）の高さ位置を検出することを特徴と

する。

【0024】本願発明の露光装置によれば、温度センサ（108）の測定結果に基づいて、開口部（104a）とパターン光（IL）の像との位置関係を補正する補正部（106, 110）によって補正され、受光部（105）が受光した位置関係に応じた信号に基づいて、被検査面（W）の、主対物レンズ（PL）の光軸（AX）に対する位置を検出するので、主対物レンズ（PL）により保持部材（23）が加熱されて熱膨張を生じても、かかる熱膨張に基づくパターン光（IL）の光路シフトが補正され、それにより精度の高い焦点位置検出が可能となる。

【0025】本願発明の露光装置は、マスク（30）に形成されたパターンの像を基板（W）に投影する投影光学系（PL）と、基板（W）上の少なくとも一つの計測点に対して光を投射し、その投射された光における基板（W）からの反射光を受光することにより、投影光学系（PL）の光軸方向に関する基板（W）の位置を検出する検出装置（101, 102, IOS, 104, 105）と、検出装置（101, 102, IOS, 104, 105）の少なくとも一つの光学素子を投影光学系（PL）の鏡筒と一体に保持する保持部材（23）と、保持部材（23）の温度を測定する温度センサ（108）と、検出装置（101, 102, IOS, 104, 105）と温度センサ（108）の各出力に基づいて、基板（W）と投影光学系（PL）の像面とを相対移動する移動装置（111）を備えたことを特徴とする。

【0026】本願発明の露光装置によれば、検出装置（101, 102, IOS, 104, 105）と温度センサ（108）の各出力に基づいて、基板（W）と投影光学系（PL）の像面とを相対移動する移動装置（111）を備えているので、投影光学系（PL）により保持部材（23）が加熱されて熱膨張を生じても、かかる熱膨張に基づく検出装置（101, 102, IOS, 104, 105）の検出誤差が補正され、それにより精度の高い焦点位置検出が可能となる。

【0027】本願発明の、投影光学系（PL）によって投影されるパターンの像で基板（W）を露光する露光方法は、投影光学系（PL）の鏡筒に設けられた少なくとも一つの光学部材を有する検出装置（101, 102, IOS, 104, 105）によって、基板（W）上に光ビーム（IL）を投射するとともに、基板（W）からの反射光を受光し、基板（W）の投影光学系（PL）の光軸方向の位置を検出する工程と、投影光学系（PL）と少なくとも一つの光学部材（101, 102, IOS, 104, 105）との相対的な位置変化による検出装置の受光面（105）上での反射光（IL）のシフトによって生じる検出装置（101, 102, IOS, 104, 105）の検出誤差と、検出された位置とに基づいて、基板（W）と投影光学系（PL）の像面とを相対移

動する工程とを含むことを特徴とする。

【0028】本願発明の露光方法によれば、投影光学系（PL）と少なくとも一つの光学部材（101, 102, IOS, 104, 105）との相対的な位置変化による検出装置の受光面（105）上での反射光（IL）のシフトによって生じる検出装置（101, 102, IOS, 104, 105）の検出誤差と、検出された位置とに基づいて、基板（W）と投影光学系（PL）の像面とを相対移動する工程とを含んでいるので、例えば投影光学系（PL）の熱膨張に基づき、投影光学系（PL）と少なくとも一つの光学部材（101, 102, IOS, 104, 105）との間に、相対的な位置変化が生じても、かかる位置変化に基づく反射光のシフトにより生じた検出誤差を補正でき、それにより精度の高い焦点位置検出が可能となる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の実施の形態を、図面を参照して以下に詳細に説明する。図1に示した露光システムとしての投影露光装置は、マスクとしてのレチクルと感光基板とを、レチクル上の照明領域に対して同期して走査しながら露光する走査型エキシマステッパの一例である。図1に示したように、一般に、ステッパは、恒温チャンバ1の中に設置されている。恒温チャンバ1内では、通常のクリーンルームよりも精度の高い温度制御がなされており、例えば、クリーンルームの温度制御が±2〜3℃の範囲であるのに対して、恒温チャンバ1内では±0.1℃以内に保たれている。

【0030】また、図示したエキシマステッパは、ダウンフロー型のステッパであり、空気中に浮遊する粒子が装置に付着するのを防止するためにチャンバ1の天井に空気吹き出し口2が設置されており、図中矢印で示したように吹き出し口2から投影露光系PLの光軸に沿ってチャンバ床方向に温度制御された空気流が移動する。チャンバ1、特に投影光学系を含む露光装置本体部に、クリーンルーム内に浮遊する異物（ゴミ）、硫酸イオンやアンモニウムイオン等が流入するのを防止するため、HEPA（又はULPA）フィルタ、及びケミカルフィルタが、チャンバ1の空気取り入れ口または吹き出し口2の近傍に配置されている。

【0031】図1の走査型投影露光装置は、KrF、ArF等のエキシマレーザである光源及び照明光学系（不図示）、レチクル30を走査方向に移動するレチクルステージRST、投影光学系PL、基板Wを移動する基板ステージWST、基板の位置合わせ用のアライメント系（14〜18）等から主に構成されている。また、照明光学系は、フライアイレンズ、コンデンサレンズ等からなり、最終的にコンデンサレンズ3を介してレチクル30を照明している。照明光学系は、光源からの照明光で、回路パターン等が描かれたマスクであるレチクル30をほぼ照度均一かつ所定の立体角で照明する。これら

の図示しない光源及び照明光学系は、一般に、図中、レチクル30の上方又は光学反射系を用いる場合にはレチクルステージRSTの側方に配置されている。特に、光源はチャンバ1の外側に配置される。

【0032】レチクルステージRSTは、投影光学系PLの光軸AX上であって投影光学系PLとコンデンサレンズ3との間に設置され、リニアモータ等で構成されたレチクル駆動部（不図示）により、走査方向（X方向）に所定の走査速度で移動可能である。レチクルステージRSTはレチクル30のパターンエリア全面が少なくとも投影光学系の光軸AXを横切るだけのストロークで移動する。レチクルステージRSTは、X方向端部に、干渉計6からのレーザビームを反射する移動鏡5を固定して備え、レチクルステージRSTの走査方向の位置は干渉計6によって、例えば、0.01 $\mu$ m単位で測定される。干渉計6による測定結果は、ステージ制御系20に送られ、常時レチクルステージRSTの高精度な位置決めが行われる。レチクルステージRST上には、レチクルホルダRHが設置され、レチクル30がレチクルホルダRH上に設置される。レチクル30は、図示しない真空チャックによりレチクルホルダRHに吸着保持されている。また、レチクルステージRSTの上方には、光軸AXを挟んで対向するレチクルアライメント顕微鏡4が装着されている。この2組の顕微鏡4によりレチクル30に形成された基準マークを観察して、レチクル30が所定の基準位置に精度良く位置決められるようにレチクルステージRSTの初期位置を決定する。従って、移動鏡5と干渉計6によりレチクル30の位置を測定するだけでレチクル30の位置を十分高精度に調整できる。

【0033】レチクル30は、レチクルステージRST上で、レチクル30の走査方向（X方向）に対して垂直な方向（Y方向）を長手とする長方形（スリット状）の照明領域で照明される。この照明領域は、レチクルステージの上方であってかつレチクル30と共役な面またはその近傍に配置された視野絞り（不図示）により画定される。

【0034】レチクル30を通過した照明光は投影光学系（主対物レンズ）PLに入射し、投影光学系PLによるレチクル30の回路パターン像が基板W上に形成される。投影光学系PLには、複数のレンズエレメントが光軸AXを共通の光軸とするように鏡筒に収容されている。投影光学系PL（鏡筒）は、その外周部であって光軸方向の中央部にフランジ24を備え、フランジ部24により、保持部材としてのレンズホルダ23に固定されている。

【0035】基板上に投影されるレチクル30のパターン像の投影倍率は、レンズエレメントの倍率及び配置により決定される。レチクル30上のスリット状の照明領域（中心は光軸AXにほぼ一致）内のレチクルパターンは、投影光学系PLを介して基板W上に投影される。基

板Wは投影光学系PLを介してレチクル30とは倒立像関係にあるため、レチクル30が露光時に-X方向（又は+X方向）に速度 $V_r$ で走査されると、基板Wは速度 $V_r$ の方向とは反対の+X方向（又は-X方向）にレチクル30に同期して速度 $V_w$ で走査され、基板W上のショット領域の全面にレチクル30のパターンが逐次露光される。走査速度の比（ $V_r/V_w$ ）は、投影光学系PLの縮小倍率で決定される。

【0036】基板Wは、基板ステージWST上に保持された基板ホルダ（不図示）に真空吸着されている。基板ステージWSTは、前述の走査方向（X方向）の移動のみならず、基板W上の複数のショット領域をそれぞれ走査露光できるよう、走査方向と垂直な方向（Y方向）にも移動可能に構成されており、基板W上の各ショット領域を走査する動作と、次のショット領域の露光開始位置まで移動する動作を繰り返す。モータ等の基板ステージ駆動部（不図示）により基板ステージWSTは駆動される。基板ステージWSTは、前記比 $V_r/V_w$ に従って移動速度が調節され、レチクルステージRSTと同期されて移動する。基板ステージWSTの端部には移動鏡8が固定され、干渉計9からのレーザビームを移動鏡8により反射し、反射光を干渉計9によって検出することによって基板ステージWSTのXY平面内での座標位置が常時モニタされる。移動鏡8からの反射光は干渉計9により、例えば0.01 $\mu$ m程度の分解能で検出される。干渉計9及びレチクルステージRSTの干渉計6は、投影光学系PL等の装置の他の部品と相対的に振動することを防止するためにレンズホルダ23上に設置されている。

【0037】投影露光装置では、基板W上にすでに露光により形成されたパターンに対して、新たなパターンを精度良く重ねて露光する機能がある。この機能を実行するため、投影露光装置は基板W上の位置合わせ用のマークの位置を検出して、重ね合わせ露光を行う位置を決定する機能（基板アライメント系）を備える。本例では、この基板アライメント系として、投影光学系PLとは別に設けられた光学式アライメント系（14～18）を備えている。この基板アライメント系の光源13としてレーザ、あるいはハロゲンランプ等が使用される。

【0038】図2は、本願発明の第1の実施の形態にかかる斜入射AFセンサの概略図である。図2に示す本実施の形態においては、図6の従来技術と異なる点を中心に説明し、共通する点については説明を省略する。なお、投射光学系光源101と送光スリット102とにより投射光学系を構成し、受光スリット104により受光側遮光部を構成し、受光素子105により受光部を構成する。また、CPU106と、反射鏡制御装置110とにより補正部を構成する。

【0039】図2において、投影光学系PLのフランジ24の近くであって、レンズホルダ23の中央円筒部2

3cの上端に、接触型の温度センサ108を接着している。温度センサ108は、レンズホルダ23の表面温度を測定し、反射鏡制御装置110に、測定した温度に対応する電気的信号を出力する。反射鏡制御装置110は、反射鏡103に連結されたステップモータ109に、駆動信号を出力する。なお、このステップモータ109として、従来技術において用いられている反射鏡103の角度調整用モータを用いることができる。

【0040】図2に示す第1の実施の形態の動作について説明する。まず補正制御に必要な、温度と補正量との相関関係を求める。より具体的には、レンズホルダ23が室温であるときに、基板Wの上面を合焦位置に一致させる。その状態から、投影光学系PLに例えば露光光を照射することにより加熱し、投影光学系PLから伝導される熱によりレンズホルダ23の温度を上昇させる。上昇したレンズホルダ23の温度を温度センサ108で測定し、かつレンズホルダ23の熱膨張に基づき減少した受光素子105の受光量が本来の受光量となるように、反射鏡103を図2において反時計周りに回転させ、温度と反射鏡103の回転角度との相関関係を求める。この相関関係はCPU106に記憶される。なお、この相関関係は、レンズホルダ23の熱膨張率や形状等に基づくシミュレーション計算によって求めることもできる。

【0041】CPU106に記憶された相関関係に基づき、反射鏡制御装置110は、露光動作に先立つ焦点位置検出時に、温度センサ108の検出した温度に対応する回転角度だけ反射鏡103を回転させる。それにより、レンズホルダ23の熱膨張に基づきシフトした検出光ILの光路が補正変更され、受光スリット104に対して、熱膨張が生じなければ照射されたであろう本来の位置に、検出光ILが照射されるようになる。従って、かかる状態で開口部104aを通過した検出光ILの光量を、受光素子105を用いて測定すれば、基板Wの位置ずれ量に基づき減少した本来の受光量を測定することとなり、それにより基板Wの位置ずれ量を精度良く検出することができる。

【0042】図3は、本実施の態様にかかる焦点位置検出方法を用いた露光方法を説明するフローチャートである。図3において、ステップS101において、温度センサ108を用いて、レンズホルダ23の温度測定を行う。続くステップS102において、上述したように、測定したレンズホルダ23の温度に対応した回転角度で反射鏡103を回転させる。

【0043】更に、ステップS103において、図2に示す斜入射AFセンサを用いて、基板Wの露光しようとする領域上の1点もしくは複数点（例えば2点）における高さ位置を確認する。続くステップS104において、基板Wが投影光学系PLの合焦位置にあるか否かをCPU106が判断する。基板Wが合焦位置になければ、再び基板ステージWSTをZ軸方向に移動させ（ス

テップS105）、再度その位置測定を行う（ステップS103）。

【0044】一方、ステップS104において、CPU106が、基板Wは合焦位置にあると判断したときは、ステップS106において、上述した態様で走査露光を行う。なお、基板Wが、複数の露光領域を有する場合、ステップS101～ステップS106は、露光領域の数だけ繰り返される。

【0045】図4は、本願発明の第2の実施の形態にかかる斜入射AFセンサの概略図である。図4に示す第2の実施の形態においては、図1の第1の実施の形態と異なる点を中心に説明し、共通する点については詳細な説明を省略する。

【0046】第1の実施の形態においては、保持部材23の熱膨張に基づく検出光ILの光路シフトを、反射鏡103を回転させることによって補正していたが、第2の実施の形態においては、基板ステージWSTをZ軸方向に移動させることによって、その補正を行うものである。

【0047】図4において、温度センサ108は、レンズホルダ23の表面温度を測定し、CPU106に、測定した温度に対応する電気的信号を出力する。CPU106は、基板ステージWSTのZ軸方向駆動用ステップモータ111に、駆動信号を出力する。

【0048】ステップモータ111の回転軸は、円板111aに連結されており、円板111aを微量量だけ回転することができる。円板111aには、斜面111bが配置され、この斜面111bと基板ステージWSTとの間にはボール111cが転動自在に配置されている。

【0049】ステップモータ111が回転すると、回転する方向に応じて、ボール111cは斜面111bを登りまたは下り、それにより基板ステージWSTが投影光学系PLの光軸方向に上下移動する。

【0050】図4に示す第2の実施の形態の動作について説明する。第1の実施の形態と同様に、温度と補正量との相関関係を求める。第2の実施の形態においては、かかる補正量は基板ステージWSTのZ軸方向移動量となる。まず、レンズホルダ23が室温であるときに、基板Wの上面を合焦位置に一致させる。その状態から、投影光学系PLに例えば露光光を照射することにより加熱し、投影光学系PLから伝導される熱によりレンズホルダ23の温度を上昇させる。上昇したレンズホルダ23の温度を温度センサ108で測定し、かつレンズホルダ23の熱膨張に基づき減少した受光素子105の受光量が本来の受光量となるように、基板ステージWSTを上昇させ、温度と基板ステージWSTの上昇量との相関関係を求める。

【0051】第1の実施の形態と同様に記憶された相関関係に基づき、CPU106は、露光動作に先立つ焦点位置検出時に、温度センサ108の検出した温度に対応

する量だけ基板ステージWSTを上昇させる。それにより、レンズホルダ23の熱膨張に基づきシフトした検出光ILの光路が補正変更され、受光スリット104に対して、熱膨張が生じなければ照射されたであろう本来の位置に、検出光ILが照射されるようになる。従って、かかる状態で開口部104aを通過した検出光ILの光量を、受光素子105を用いて測定すれば、基板Wの位置ずれ量に基づき減少した本来の受光量を測定することとなり、それにより基板Wの位置ずれ量を精度良く検出することができる。

【0052】図5は、本実施の態様にかかる焦点位置検出方法を用いた露光方法を説明するフローチャートである。図5において、ステップS201において、温度センサ108を用いて、レンズホルダ23の温度測定を行う。続くステップS202において、上述したように、測定したレンズホルダ23の温度に対応した移動量で、基板ステージWSTをZ軸方向に移動させる。

【0053】更に、ステップS203において、図4に示す斜入射AFセンサを用いて、基板Wの露光しようとする領域上の1点もしくは複数点（例えば2点）における高さ位置を確認する。続くステップS204において、基板Wが投影光学系PLの合焦位置にあるか否かをCPU106が判断する。基板Wが合焦位置になれば、再び基板ステージWSTをZ軸方向に移動させ（ステップS205）、再度その位置測定を行う（ステップS203）。

【0054】一方、ステップS204において、CPU106が、基板Wは合焦位置にあると判断したときは、ステップS206において、上述した態様で操作露光を行う。なお、基板Wが、複数の露光領域を有する場合、ステップS201～ステップS206は、露光領域の数だけ繰り返される。

【0055】なお、以上の実施の形態においては、温度センサ108は、投影光学系PLにより最も加熱されやすいフランジ24の近傍に配置したが、上述した相関関係が求められる限り、レンズホルダ23の何れに配置しても良く、またその数も任意である。

【0056】ところで、上記実施の形態において、基板上に矩形のスリットのパターン像を投射し、基板上で反射されたそのパターン像を受光スリットを介して受光する斜入射AFセンサを例に挙げて説明した。しかしながら、本発明はスリット（送光スリット102、受光スリット104）を設ける必要は必ずしもない。すなわち、送光スリットを介すことなく基板上に対して斜めから光ビーム（例えば、LED等からのレーザビーム）を投射し、1次元のアレイセンサ等の光電変換素子がこの反射された光ビームを受光するという構成の斜入射AFセンサに対しても適用可能である。この場合、光電変換素子は反射された光ビームの受光位置に対応した電気信号を出力することにより、投影光学系の像面に対する基

板表面の位置ずれを検出する。

【0057】また、上記実施の形態において、レンズホルダ23の熱膨張に起因した検出光ILの光路シフトによる斜入射AFセンサの検出誤差を、反射鏡103（または、平行平板）の回転或いは基板ステージWSTの上下駆動により補正することとして説明した。しかしながら、本発明はこれに限るものではなく、前記アレイセンサ等の光電変換素子を用いた斜入射AFセンサの場合、前記熱膨張に起因した前記光路シフトによる検出誤差をオフセットとして、光ビームの受光位置に対応した電気信号に付加する信号処理を行うことにより前記補正を行うこともできる。これにより、前記熱膨張の影響を受けることなく投影光学系の像面に対する基板表面の位置ずれ検出を行うことができる。

【0058】さらに、上記実施の形態では、予め温度センサ108によって検出されるレンズホルダ23の温度と、レンズホルダ23の熱膨張に起因した検出光ILの光路シフトを補正するための反射鏡103の回転量或いは基板ステージWSTの駆動量との相関関係を求めている。しかしながら、本発明はその相対関係を求めることなく、一定の時間が経過する毎に、検出光ILの光路シフトを実測することも可能である。

【0059】具体的には、ステップモータ111を駆動して基板ステージWSTをZ軸方向に移動させ、基板ステージWST上の反射面を所定位置に配置する。この所定位置は斜入射AFセンサの検出範囲内であれば任意で構わないが、ステップモータ111に設けられた位置センサ（例えばエンコーダ等）を用いて基板ステージWST（反射面）のZ軸方向の位置を検出して記憶しておく。さらに、斜入射AFセンサの検出光をその反射面に照射し、斜入射AFセンサによって検出される反射面の位置を記憶しておく。

【0060】そして、所定時間が経過する毎に、反射面を前述の所定位置に配置し、斜入射AFセンサを用いてその反射面の位置を検出する。この検出された位置と先に記憶した位置との偏差が、前述の熱膨張やその他の要因（例えば振動等）による光路シフトに起因して生じる斜入射AFセンサの検出誤差に相当する。従って、次に同様の動作を行うまでは、この求めた偏差と斜入射AFセンサの検出信号とを用いて基板の焦点合わせを行うことになる。本例では、斜入射AFセンサの検出誤差をリアルタイムに求めることはできないが、熱膨張以外の要因による光路シフトまでも含めてその検出誤差を求めることができる。尚、本例と前述の実施の形態とを併用してもよい。

【0061】一般に投影露光装置では、例えば特開昭60-26363号公報、特開昭60-168112号公報に開示されているように、基板ステージWST上に配置されるスリット板とその下面に近接して配置される光電センサとを用いて投影光学系の最良結像面を計測し、



基板ステージWSTをZ軸方向に移動してこの計測された結像面に反射面を配置する。そして、斜入射AFセンサの検出光をその反射面に照射し、斜入射AFセンサによって検出される位置ずれが零となる、即ち斜入射AFセンサの検出基準面が投影光学系の最良結像面と合致するように反射鏡103（又は、平行平板）を駆動する、斜入射AFセンサのキャリブレーションが行われる。そこで、このキャリブレーション動作においてステップモータ111の位置センサにより反射面が配置されるZ軸方向の位置（前述の所定位置に相当）を検出しておくようにし、これ以降は所定時間毎に反射面をその所定位置に配置し、斜入射AFセンサを用いてその反射面の位置を検出するようにしてもよい。

#### 【0062】

【発明の効果】以上述べたように、本願発明の焦点位置検出装置によれば、温度センサの測定結果に基づいて、受光側遮光部の開口部とパターン光の像との位置関係を補正する補正部によって補正され、受光部が受光した位置関係に応じた信号に基づいて、被検査面の、主対物レンズの光軸に対する位置を検出するので、主対物レンズにより保持部材が加熱されて熱膨張を生じて、かかる熱膨張に基づくパターン光の光路シフトが補正され、それにより精度の高い焦点位置検出が可能となる。

【0063】本願発明の露光装置によれば、温度センサの測定結果に基づいて、受光側遮光部の開口部とパターン光の像との位置関係を補正する補正部によって補正され、受光部が受光した位置関係に応じた信号に基づいて、被検査面の、主対物レンズの光軸に対する高さ位置を検出するので、主対物レンズにより保持部材が加熱されて熱膨張を生じて、かかる熱膨張に基づくパターン光の光路シフトが補正され、それにより精度の高い焦点位置検出が可能となる。

【0064】本願発明の露光装置によれば、検出装置と温度センサの各出力に基づいて、基板と投影光学系の像面とを相対移動する移動装置を備えているので、投影光学系により保持部材が加熱されて熱膨張を生じて、かかる熱膨張に基づく検出装置の検出誤差が補正され、それにより精度の高い焦点位置検出が可能となる。

【0065】本願発明の露光方法によれば、投影光学系と少なくとも一つの光学部材との相対的な位置変化によ

る検出装置の受光面上での反射光のシフトによって生じる検出装置の検出誤差と、検出された位置とに基づいて、基板と投影光学系の像面とを相対移動する工程とを含んでいるので、例えば投影光学系の熱膨張に基づき、投影光学系と少なくとも一つの光学部材との間に、相対的な位置変化が生じて、かかる位置変化に基づく反射光のシフトにより生じた検出誤差を補正でき、それにより精度の高い焦点位置検出が可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明によるエキシマステップの概略図である。

【図2】本願発明の第1の実施の形態にかかる斜入射AFセンサの概略図である。

【図3】本実施の形態にかかる焦点位置検出方法を用いた露光方法を説明するフローチャートである。

【図4】本願発明の第2の実施の形態にかかる斜入射AFセンサの概略図である。

【図5】本実施の形態にかかる焦点位置検出方法を用いた露光方法を説明するフローチャートである。

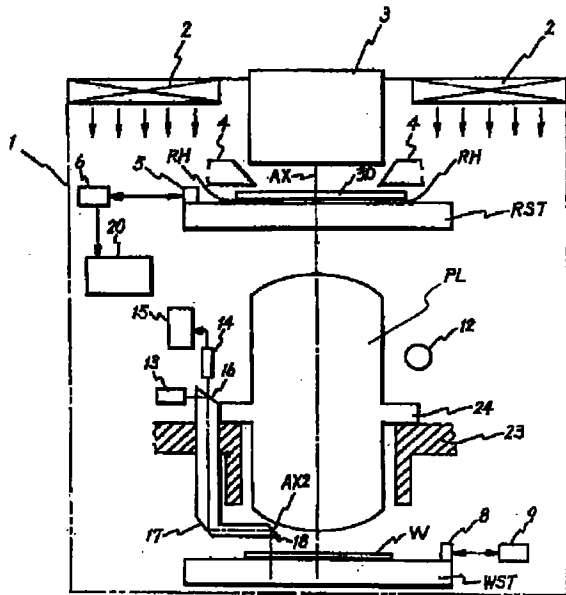
【図6】従来技術による斜入射AFセンサの概略図である。

【図7】斜入射AFセンサの原理を示す図である。

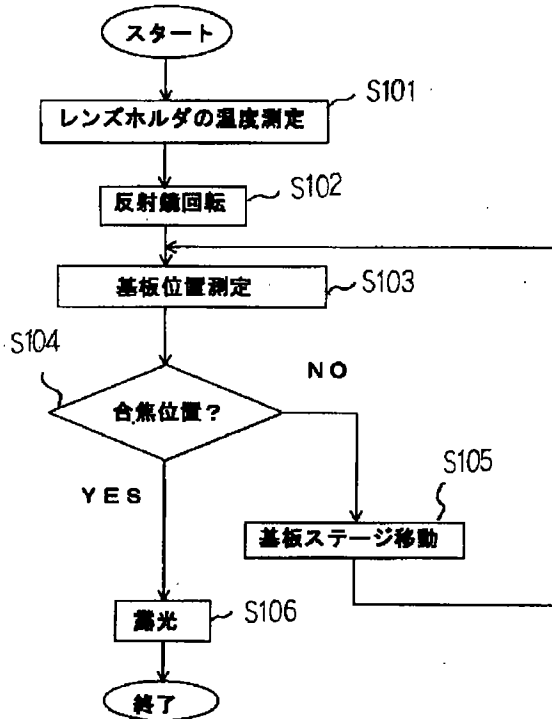
#### 【符号の説明】

23……………レンズホルダ  
101……………光源  
102……………送光スリット  
103……………反射鏡  
104……………受光スリット  
105……………受光素子  
106……………CPU  
108……………温度センサ  
109……………ステップモータ  
110……………反射鏡制御装置  
111……………Z軸方向駆動用ステップモータ  
R……………レチクル  
W……………基板  
WST……………基板ステージ  
IOS……………結像光学系  
PL……………投影光学系

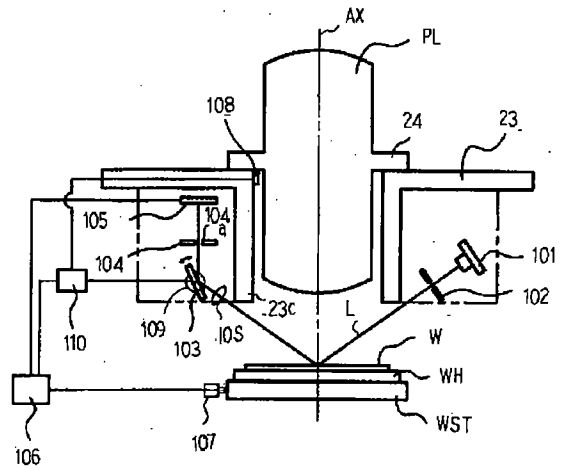
【図1】



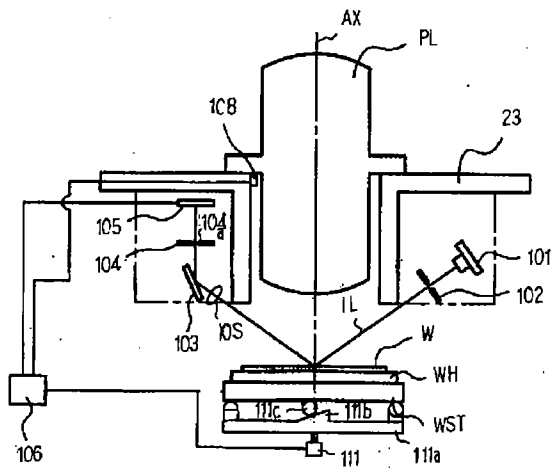
【図3】



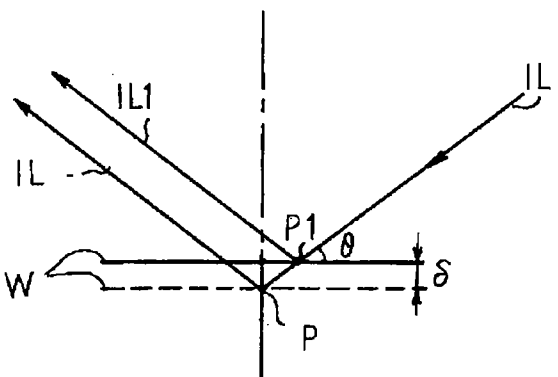
【図2】



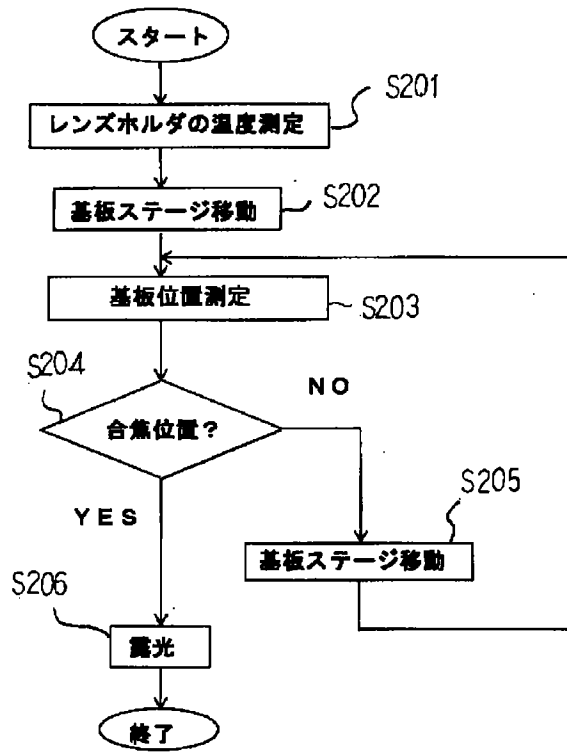
【図4】



【図7】



【図5】



【図6】

